

АЛГОРИТМІЧНО-ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРОМ

Ряба О.І., к. і. н.,

Штепа В.М., к. т. н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Із врахуванням технологічних потреб та вимог нормативних документів щодо якості стічних вод промислових об'єктів синтезовано програмно-апаратну нейромережеву інформаційно-управляючу систему керування електрокоагулятором.

Ключові слова: *програмне забезпечення, нейронна мережа, коагуляція, інформаційно-управляюча система*

Постановка проблеми. Експериментальні дослідження продемонстрували, що створити енергоефективну адаптивну інформаційно-управляючу систему керування (ІУАСК) електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу із використанням традиційних методів автоматичного керування складно, оскільки у виробничих умовах процес характеризується непередбачуваністю напрямку проходження та неможливістю завчасного встановлення кінцевих результатів електрохімічних реакцій [1]. Однак, без такої АСК відбуватиметься або неякісна очистка стічних вод птахівничого комплексу або перевитрата електроенергії (матеріалу розчинних електродів).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Іншими авторами розроблено ряд АСК електрокоагуляційними установками очистки води. Серед них: адаптивна система оптимального управління електрокоагуляцією з

використанням екстримального регулятора крокового типу [2], АСК густини струму на електродах залежно від концентрації забруднювачів у воді [2]; АСУ густини струму залежно від різниці рН води на очистку та очищеної води [2]; АСУ, що здійснює управління комплексом електротехнологічних заходів залежно від оптичної проникності вхідної води, дані передаються із авторського сприймаючого елемента [2]. Однак, робота існуючих систем керування розрахована, головним чином, на стаціонарні режими та відсутність впливу технологічних збурюючих факторів.

Мета статті. Враховуючи складність автоматизації процесу електрокоагуляції води, пропонується для створення відповідної АСК використати апарат нечітких нейронних мереж, реалізувавши його на спеціалізованому програмному забезпеченні.

Основні матеріали дослідження. Адекватна нечітка нейромережева (ННМ) експертна система (ЕС) певного технологічного процесу фактично являється АСК тим же процесом [3, 4]. Отже, для створення ефективної ІУАСК, згідно попередньо заданих технологічних вимог, потрібно при синтезі ЕС у якості навчальної, контрольної та перевіркової вибірок взяти комбінації даних, вихідні параметри котрих відповідають необхідним вимогам. Тоді у процесі свого функціонування ІУАСК (рис. 1), отримавши набір вхідних параметрів, генеруватиме керуючий вплив, котрий наближатиме протікання технологічного процесу до встановлених норм.

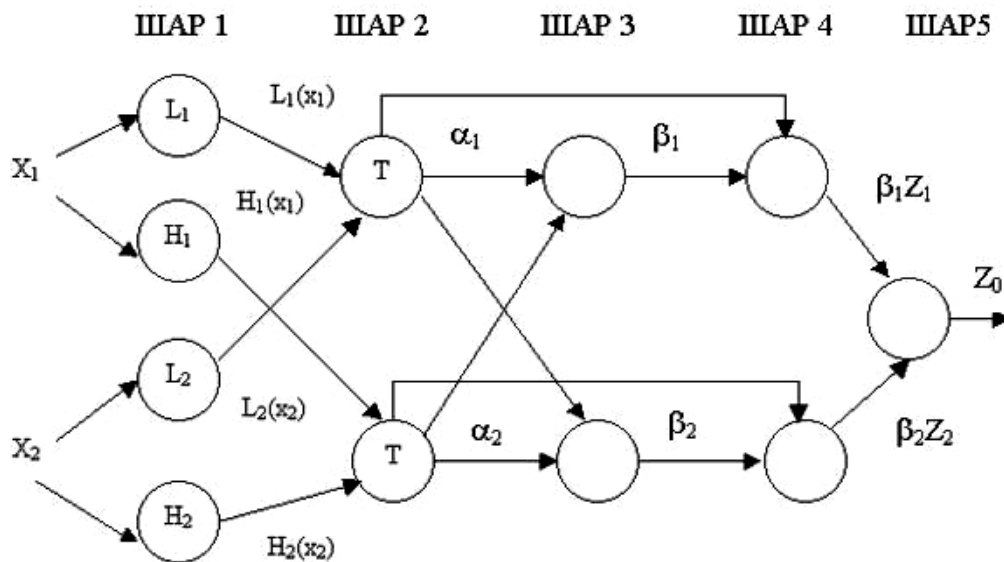


Рис. 1. Структура нечіткої нейронної мережі (архітектура ANFIS).

Розроблену нейронну мережу (рис. 1) можна описати наступним чином.

ШАР 1. Виходи нейронів цього шару являють собою значення функції належності при конкретних (заданих) значеннях входів.

ШАР 2. Виходами нейронів цього шару є ступені істинності передумов кожного правила бази знань системи, вираховуються за формулами:

$$\alpha_1 = L_1(x_1) \wedge L_2(x_2) \quad (1)$$

$$\alpha_2 = H_1(x_1) \wedge H_2(x_2) \quad (2)$$

Усі нейрони шару позначені літерою Т, що означає їх функціональну можливість реалізувати довільну t -норму для моделювання операції “Т”.

ШАР 3. Нейрони цього шару вираховують величини:

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}, \quad \beta_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (3)$$

ШАР 4. Нейрони даного шару виконують операції:

$$\beta_1 Z_1 = \beta_1 D^{-1}(\alpha_1), \quad \beta_2 Z_2 = \beta_2 M^{-1}(\alpha_2) \quad (4)$$

При чому коефіцієнти D та M встановлюють із співвідношень:

$$D^{-1}(\alpha_1) = c_4 + c_5 + \frac{1}{b_4} \ln \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \quad (5)$$

$$M^{-1}(\alpha_2) = c_4 + \frac{1}{b_4} \ln \frac{1 - \alpha_2}{\alpha_2} \quad (6)$$

ШАР 5. Нейрон цього шару розраховує вихід мережі:

$$Z_0 = \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 \quad (7)$$

Коригування параметрів мережі для функцій належності D та M відбуваються відповідно до вибраного алгоритму (у даному випадку використано зворотнє розповсюдження помилки) за формулами:

$$b_4 = b_4' - \frac{\eta}{b_4^2} \cdot \delta_k \cdot \frac{\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_3}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} \quad (8)$$

$$c_4 = c_4' + \eta \delta_k \quad (9)$$

$$c_5 = c_5' + \eta \delta_k \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} \quad (10)$$

$$\delta_k = y^k - o^k, \quad k = 1 \dots N \quad (11)$$

де: η – задана швидкість навчання нейронної мережі;

y^k – еталонний вихід нейронної мережі;

o^k – фактичний вихід нейронної мережі;

b_4', c_4', c_5' – значення цих самих коефіцієнтів на попередньому етапі ітераційного навчання нейронної мережі;

N – кількість комплектів зразкових наборів вхідних (навчальних) даних.

Вимогами до якості роботи нейромережевої ІУАСК електрокоагулятором будуть:

- вихідна з електрокоагулятора концентрація завислих частинок – не більше 15 мг/л [5];
- на забезпечення цієї гранично-допустимої концентрації (ГДК) завислих частинок повинна затратуватись мінімальноможлива кількість електроенергії (матеріалу електродів).

Для синтезу екологічнобезпечної та енергоефективної ІУАСК електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу

використано ННМ ЕС даного процесу реалізовану в пакеті прикладних програм ANFIS Editor (Fuzzy Logic Toolbox) системи MatLAB. Застосування функцій цього прикладного пакету математичних програм (FIS-редактора) дало можливість згенерувати вибірки даних, які стали базисом при створенні екологічнобезпечної та енергоефективної ІУАСК.

Алгоритм синтезу екологічнобезпечних та енергоефективних вибірок даних у FIS-редакторі MatLAB наступний:

- вхідна концентрація завислих частинок, водневий показник стічних вод (рН), лінійна швидкість потоку у міжелектродному просторі будуть заданими;
- густина анодного струму підвищуватиметься до встановлення значення вихідної концентрації завислих частинок 15 мг/л;
- при створенні екологічнобезпечної енергоефективної ІУАСК електрокоагулятором отриманий набір даних увійде в одну із вибірок (навчальну, контрольну або перевірочну).

Вхідні величини ІУАСК (рис. 2):

- водневий показник стічних вод (рН);
- лінійна швидкість потоку у міжелектродному просторі;
- вхідна концентрація завислих частинок.

Відповідно, густина анодного струму – вихідна величина (керуючий вплив).

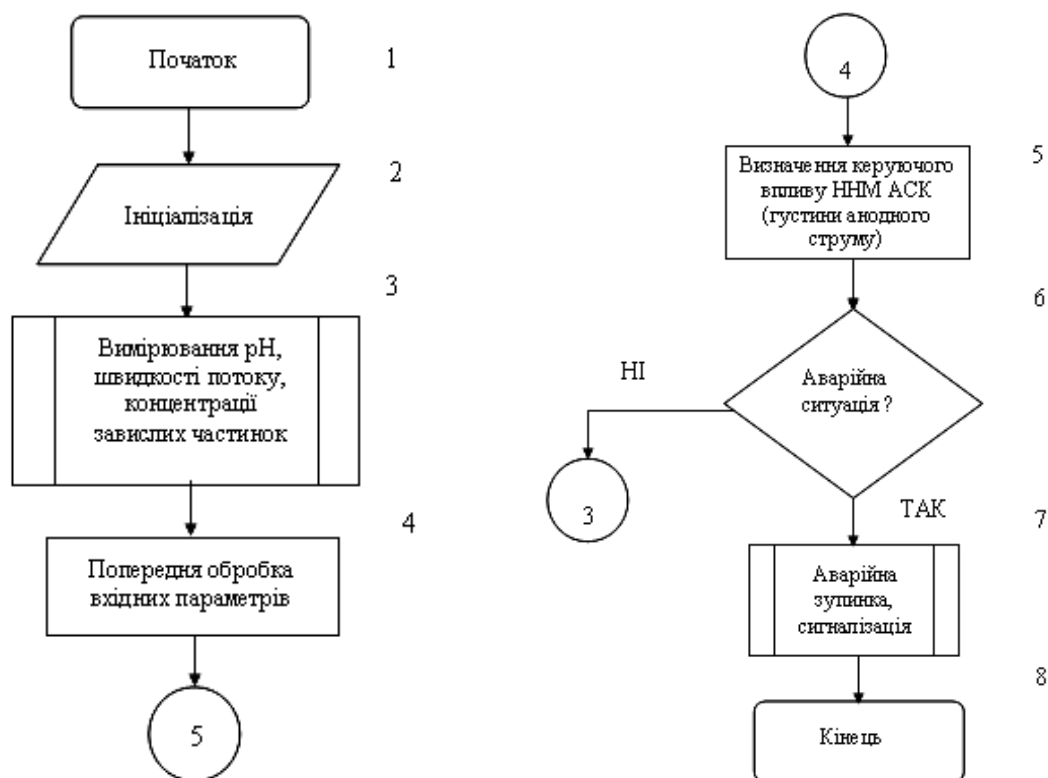


Рис. 2. Блок-схема алгоритму роботи програмного забезпечення ННМ ІУАСК електрокоагулятором стічних вод птахівничого комплексу.

Результати досліджень. Програмне забезпечення системи керування електротехнологічною коагуляційною установкою очистки стічних вод птахівничого комплексу реалізовувало алгоритм нечіткого виведення Сугено із використанням спеціалізованого програмного забезпечення нечіткого керування Fuzzy Control Language (FCL) (рис. 3).

Вибір технічних засобів, для реалізації програмного забезпечення інтелектуальної АСК здійснювався виходячи із необхідності надання технологічному обладнанню “інтелектуальних” властивостей. Дана вимога забезпечилась функціональними можливостями керуючого пристрою – мікроконтролера (МК) ICP DAS ICPCON i-8447. Для його програмування використано засіб проектування ISaGRAF, який відповідає стандарту IEC 1131-3 (рис. 4).

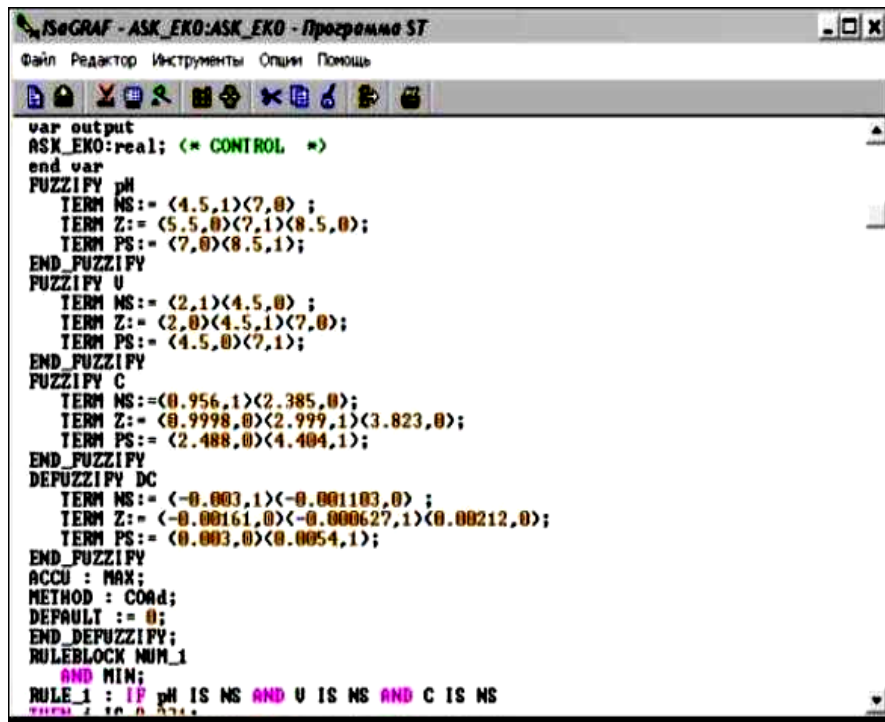
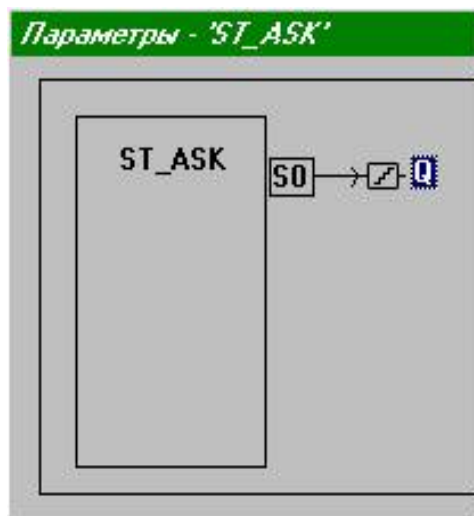
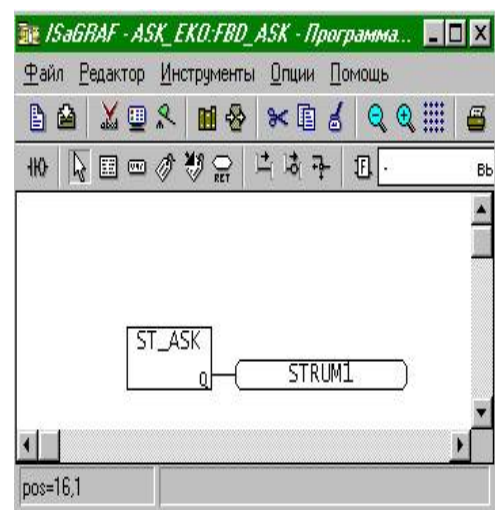


Рис. 3. Фрагмент програмної реалізації на FCL інтелектуальної ІУАСК електрокоагуляційною очисткою стічних вод птичівничого комплексу



А)



Б)

Рис. 4. Реалізація програмного забезпечення АСК електрокоагулятором стічних вод птихофабрики у програмному засобі проектування ISaGRAF:

А – мова FBD/LD; Б – настройки функціонального блоку нечіткого керування.

Це дало можливість інкапсулювати програмне забезпечення розроблене на FCL (використано можливості мови програмування ST) у функціональний блок FBD/LD на основі стандарту IEC 1131-3.

Отже, алгоритм роботи програмно-апаратної реалізації інтелектуальної ІУАСК електрокоагулятором стічних вод птахофабрики наступний:

1. значення вхідних величин знімаються сприймаючими елементами (датчик вимірювання концентрації завислих частинок – Solortron Mobrey "MSM 400", промисловий pH-трансмідтер – Hanna Instruments "HI 8641", промисловий стаціонарний без врізки у трубопровід комплект вимірювання витрат та швидкості потоку рідини – "Днепр 7");

2. через вхідне периферійне обладнання технологічні дані надходять у ICP DAS ICPCON i-8447 (у функціональний блок діаграм FBD/LD засобу проектування ISaGRAF, де реалізується програма керування електрокоагулятором);

3. розраховане значення густини анодного струму через вихідне периферійне обладнання мікроконтролера надходить на блок гальванічної розв'язки звідти передається на електроди електрокоагулятора.

У процесі функціонування ІУАСК накопичуватиме дані щодо протікання електрокоагуляції (створюватиме поновлювальну базу знань), яку у випадку невідповідності процесу водоочистки вимогам енергоефективності або через експертно задані проміжки часу використовуватиметься для перенавчання базисної нечіткої нейронної мережі.

Висновки

Використання програмного забезпечення нечіткого керування (FCL) та відповідних технічних засобів автоматизації дало можливість створити гнучку програмно-апаратну реалізацію інтелектуальної енергоефективної ІУАСК електрокоагуляційною очисткою стічних вод птахівничого комплексу від завислих частинок.

Список використаних джерел

1. *Штепа В.Н., Донченко М.И., Срибная О.Г.* Очистка растворов от дисперсных примесей методом электрокоагуляции. 1. Электрохимическое

получение коагулянта // Вісник Національного технічного університету “ХПІ” – Харків: НТУ “ХПІ”: - 2007. – № 9. – С. 86-95

2. Лисенко В.П., Штена В.М. Передумови створення автоматичної системи керування електролізними процесами очистки стічних вод промислових птахівничих комплексів з використанням нейроінформаційних технологій // Аграрна наука і освіта. – К.: НАУ. – 2006. – Т.7. - № 1-2. – С. 99-104.
3. Круглов В.В. и др. Искусственные нейронные сети. Теория и практика - М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.
4. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков – СПб: БХВ-Петербург, 2003 г. – 736 с.
5. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами // Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. - № 465 - К.: - 1999 – 4 с.

Из учетом технологических потребностей и требований нормативных документов к качеству сточных вод промышленных объектов синтезировано программно-аппаратную нейросетевую информационно-управляющую систему управления электрокоагулятором.

Программное обеспечение, нейронная сеть, коагуляция, информационно-управляющая система

Software and hardware neural network information management system controlling electrocoagulator was synthesized in compliance with technical demands and regulatory documentation requirements concerning the quality of industrial wastewater.

Software, a neural network, coagulation, management information system.